

51

Int. Cl. 2:

G 01 C 19/22

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

G 01 P 9/02

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 18 106 A 1

11

Offenlegungsschrift 28 18 106

21

Aktenzeichen:

P 28 18 106.8-52

22

Anmeldetag:

25. 4. 78

43

Offenlegungstag:

7. 12. 78

30

Unionspriorität:

32 33 31

6. 6. 77 Frankreich 7717225

54

Bezeichnung:

Gyroskop mit elastischer Aufhängung sowie Verfahren zu dessen Herstellung

71

Anmelder:

Societe de Fabrication d'Instruments de Mesure (S.F.I.M.) S.A., Massy, Essonne (Frankreich)

74

Vertreter:

Bartels, H.; Brandes, J., Dipl.-Chem. Dr.; Held, M., Dr.-Ing.;
Wolff, M., Dipl.-Phys.; Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart u. 8000 München

72

Erfinder:

Dupont, Armand, Orsay; Kerhoas, Jean-Claude,
Hanches par Epernon (Frankreich)

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DE 28 18 106 A 1

PATENTANWÄLTE

Reg.-Nr. 125 509

2818106

Société de Fabrication d'Instruments de Mesure
S.F.I.M.

F-91301 Massy / Frankreich

Dr.-Ing. Wolff +
H. Bartels
Dipl.-Chem. Dr. Brandes
Dr.-Ing. Held
Dipl.-Phys. Wolff

Gyroskop mit elastischer Aufhängung sowie
Verfahren zu dessen Herstellung

D - 7 Stuttgart 1, Lange Straße 51
Tel. (07 11) 29 63 10 u. 29 72 95
Telex 07 22312 (patwo d)
Telegrammadresse:
tlx 07 223 12 wolff stuttgart
PA Dr. Brandes: Sitz München
Postscheckkto. Stuttgart 7211-700
BLZ 600 100 70
Deutsche Bank AG, 14/286 30
BLZ 600 700 70
Bürozeit:
9-11.30 Uhr, 13.30-16 Uhr
außer samstags
17. April 1978
487384 ets

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Gyroskop mit elastischer Aufhängung, das einen Rotor und einen Motor zum Antrieb dieses Rotors aufweist, der mittels zueinander senkrecht verlaufender Torsionsstäbe und eines Zwischenringes gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenring (14) und die Torsionsstäbe (18, 20, 22, 24) als einstückiges Bauteil ausgebildet sind, bei dem sich von einem zentralen Ring (14) vier Torsionsstäbe (18, 20, 22, 24) mit kreuzförmigem Querschnitt radial nach außen erstrecken, von denen zwei mit den beiden anderen einen rechten Winkel bilden, daß zwei einander gegenüberliegende Torsionsstäbe (22 und 24) an ihren äußeren Enden mit Verbindungsstücken (32 und 34) versehen sind, die am Rotor (12) befestigbar sind, daß die beiden anderen einander gegenüberliegenden Torsionsstäbe (18 und 20) an ihren äußeren Enden mit zwei anderen Verbindungsstücken (28 und 30) versehen sind, die an einer mit der Motorwelle (10) verbundenen, den zentralen Ring (14) umgebenden Nabe (16) befestigbar sind, und daß der zentrale Ring (14) mit den Torsionsstäben (18, 20, 22 und 24) sowie die Verbindungsstücke (28, 30, 32 und 34) ohne Zusammenbau von Einzelteilen ein einstückiges, monolithisches Bauteil bilden.

809849/0608

Telefonische Auskünfte und
Aufträge sind nur nach schriftlicher
Bestätigung verbindlich

2. Gyroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsstücke (28, 30, 32, 34) sämtlich in Form von Abschnitten eines Kreistrings ausgebildet sind, die so angeordnet sind, daß die Ringabschnitte durch Spalte voneinander getrennt sind, und daß der Außendurchmesser der beiden Verbindungsstücke (32 und 34), die für die Verbindung mit dem Rotor (12) vorgesehen sind, etwas größer ist als der Außendurchmesser der beiden Verbindungsstücke (28 und 30), die für die Verbindung mit der Nabe (16) der Motorwelle (10) vorgesehen sind.
3. Verfahren zur Herstellung eines Gyroskops gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch Bearbeitung mittels Elektroerosion ein Zwischenring in Form eines einzigen monolithischen Bauteils geformt wird, zu dem ein zentraler Ring und vier Torsionsstäbe gehören, die zueinander senkrecht verlaufen und von denen jeder mit einem Verbindungsstück verbunden ist, und daß zwei der vier Verbindungsstücke an einem Rotor und die zwei anderen Verbindungsstücke an einer fest mit einer Motorwelle des Gyroskops verbundenen, den zentralen Ring umgebenden Nabe befestigt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die elektroerosive Bearbeitung im wesentlichen mit Hilfe von zwei Elektroden ausgeführt wird, von denen die eine Elektrode an ihrem ringförmigen Ende mit vier engen, der Stärke der Torsionsstäbe entsprechenden Nuten versehen ist und von denen die zweite Elektrode an ihrem Ende die Form von vier Ringabschnitten besitzt, die durch Zwischenräume von der Größe der zu formenden Torsionsstäbe voneinander getrennt sind, und daß die erste Elektrode zweimal zur Anwendung gebracht wird, um die eine bzw. die andere Seite des Werkstücks zu formen.

Die Erfindung betrifft ein Gyroskop mit elastischer Aufhängung, das einen Rotor und einen Motor zum Antrieb dieses Rotors aufweist, der mittels zueinander senkrecht verlaufender Torsionsstäbe und eines Zwischenringes gelagert ist. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Gyroskops.

Beim Erfindungsgegenstand handelt es sich um ein elastisch aufgehängtes Gyroskop mit zwei Freiheitsgraden, wobei die zwei Freiheitsgrade aufweisende Verbindung zwischen der Motorwelle und dem Rotor durch Einfügen eines Kardangelenkes hergestellt ist, das als Hookesches Gelenk ausgebildet ist. Ein solches Gelenk weist zwischen dem Rotor und der Motorwelle einen Zwischenring auf, der mit der Motorwelle über zwei aufeinander ausgerichtete, d.h. fluchtende Torsionsstäbe und über zwei weitere aufeinander ausgerichtete Torsionsstäbe mit dem Rotor verbunden ist, wobei die zuletztgenannten Torsionsstäbe senkrecht zu den zuerstgenannten beiden Torsionsstäben angeordnet sind und sich die beiden Fluchtlinien der vier Torsionsstäbe in einem Punkt auf der Achse der Motorwelle schneiden.

Bei der Herstellung derartiger Gyroskope ergeben sich Schwierigkeiten, weil die Torsionsstäbe paarweise ganz genau aufeinander ausgerichtet sein müssen und weil die beiden Paare der Torsionsstäbe ganz genau senkrecht zueinander angeordnet sein müssen, wobei der Schnittpunkt ihrer Achsen genau auf der Drehachse der Motorwelle liegen muß. Mit derartigen Gyroskopen will man Präzessionsgeschwindigkeiten mit feiner Auflösung messen können, so daß es wesentlich ist, daß der Rotor so aufgehängt ist, daß er mit zwei Freiheitsgraden um Achsen beweglich ist, die genau bekannt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Gyroskop der in Rede stehenden Art zu schaffen, das ohne Schwierigkeiten mit der erwünscht hohen Genauigkeit herstellbar ist. Außerdem

liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur einfachen und wirtschaftlichen Herstellung des erfindungsgemäßen Gyroskops anzugeben.

Die das Gyroskop betreffende Aufgabe ist bei einem Gyroskop der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Der kreuzförmige Querschnitt der Torsionsstäbe des erfindungsgemäßen Gyroskops ermöglicht eine Bewegung desselben mit zwei Freiheitsgraden durch ausschließliches Verdrehen der Torsionsstäbe ohne jedwede seitliche Schwingungsbewegung.

Derartige Torsionsstäbe sind gegenüber Biegung sehr widerstandsfähig und lassen lediglich eine Drehung um ihre Längsachse zu. Außerdem können derartige Torsionsstäbe mit hoher Genauigkeit durch Bearbeiten mittels Elektroerosion gefertigt werden, wobei ein einziges Bauteil erhalten wird, das den zentralen Ring und auch die übrigen Teile des Hooke'schen Gelenks umfaßt.

Dadurch, daß erfindungsgemäß das Kardanglied oder das Hooke'sche Gelenk als doppelter Zwischenring ausgebildet ist, der mit vier Torsionsstäben verbunden ist, kann die Bearbeitung zur einstückigen Ausbildung desselben durch Elektroerosion in einfacher Weise erfolgen, was bei dem Hooke'schen Gelenk von Gyroskopen üblicher Bauart nicht der Fall ist.

Die das Verfahren betreffende Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 3 gelöst.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung im einzelnen erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematisch vereinfacht und teils aufgeschnitten gezeichnete perspektivische Ansicht eines Gyroskops üblicher Bauart;

Fig. 2 eine Draufsicht auf einen Zwischenring zur Bildung eines Kardanglieds eines Gyroskops gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 eine teils aufgeschnitten gezeichnete perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Gyroskops mit dem in Fig. 2 gezeigten Zwischenring;

Fig. 4 eine Schnittdarstellung des Gyroskops von Fig. 3 und

Fig. 5 bis 8 Untenansichten (Fig. 5 und 7) bzw. Schnittdarstellungen (Fig. 6 und 8) von Elektroden zur elektroerosiven Herstellung des Zwischenrings gemäß Fig. 2.

Ein Gyroskop mit elastischer Aufhängung ist in Fig. 1 schematisiert dargestellt.

Das Gyroskop weist im wesentlichen eine Motorwelle 10 auf, die einen Rotor 12 über ein dazwischen angeordnetes Kardanglied antreibt, das die Übertragung der Drehbewegung der Motorwelle auf den Rotor 12 in der Weise ermöglicht, daß sich für die Bewegung der Drehachse des Rotors 12 relativ zur Achse $z'z$ der Motorwelle 10 zwei Freiheitsgrade ergeben.

Das Kardanglied ist aus einem Ring 14 gebildet, der mit dem Rotor 12 über zwei Torsionsstäbe 22 und 24 verbunden ist (um dem Rotor 12 relativ zum Ring 14 einen Freiheitsgrad zu vermitteln). Außerdem ist das Kardanglied mit der Motorwelle 10, genauer gesagt mit einer an der Motorwelle 10 fest angebrachten Nabe 16, verbunden, und zwar über zwei weitere Torsionsstäbe 18 und 20, die zu den beiden erstgenannten Torsionsstäben senkrecht verlaufen (um dem Ring 14 relativ zur Motorwelle einen Freiheitsgrad zu vermitteln).

Bei einer sorgfältigen Konstruktion eines Gyroskops ist eine sehr genaue Positionierung der Torsionsstäbe 18, 20, 22, 24 unerlässlich. Es wird daher hier ein Kardanglied aufgezeigt, das aus einem einzigen Stück gebildet ist und bei dem daher im Gegensatz zu der üblichen Technik keinerlei Zusammenbau erforderlich ist, so daß die Präzision der Positionierung der Torsionsstäbe vollständig von Seiten der Werkzeuge her sichergestellt werden kann, die zum Herstellen des einstückigen Bauteils verwendet werden. Dieses Teil umfaßt den zentralen Ring, die Torsionsstäbe sowie vier Umfangsstücke, die an den äußeren Enden der Torsionsstäbe angeordnet und für die Verbindung mit dem Rotor 12 und dem Gelenkbügel 16 der Motorwelle vorgesehen sind.

Das als Zwischenring ausgebildete Kardanglied des erfindungsgemäßen Gyroskops ist in Fig. 2 genauer dargestellt. Die Torsionsstäbe besitzen einen kreuzförmigen Querschnitt, der ihnen eine sehr große Steifigkeit gegen Biegung vermittelt, jedoch die leichte Drehbarkeit um die zentrale Längsachse der kreuzförmigen Struktur ermöglicht.

Bei der Erfindung können in vorteilhafter Weise die Torsionsstäbe durch Elektroerosion gefertigt werden, was bei den röhrenförmigen Torsionsstäben, wie sie üblicherweise verwendet

werden, nicht der Fall ist (diese Röhren müssen einzeln gefertigt und mit dem zugehörigen Ring verschweißt oder verlötet werden).

Es sind vier Torsionsstäbe mit kreuzförmigem Querschnitt vorhanden und so angeordnet, daß sich ihre Achsen im Zentrum des zentralen Rings 14 schneiden.

Die Torsionsstäbe sind zusammen mit dem zentralen Ring einstückig ausgebildet, von dem sie sich radial nach außen erstrecken. Die Torsionsstäbe 18, 20, 22 und 24 sind auch einstückig mit ihnen zugeordneten Verbindungsstücken 28, 30, 32 bzw. 34 gefertigt.

Diese Verbindungsstücke sind an den äußeren Enden des jeweils zugehörigen Torsionsstabs angeordnet. Die Verbindungsstücke 28 und 30 sind für eine Befestigung an der Nabe 16 der Motorwelle 10 vorgesehen. Die Verbindungsstücke 32 und 34 sind zur Befestigung am Rotor 12 vorgesehen.

Die Verbindungsstücke haben je die Form eines Ringabschnitts, und die ihnen zugeordneten Befestigungsmittel können beliebig ausgebildet sein. In Fig. 2 sind in den Verbindungsstücken Bohrungen 36 für den Durchtritt von Schrauben, Bolzen, Stiften usw. dargestellt, die dazu bestimmt sind, um die Verbindungsstücke am Rotor 12 und an der Nabe 16 der Motorwelle zu befestigen (siehe auch Fig. 3 und 4).

Die ringteilmförmigen Verbindungsstücke 28, 30, 32, 34 haben nicht alle den gleichen Durchmesser, weil eine Bewegung des Rotors relativ zur Nabe 16 möglich sein muß. Daher haben die Verbindungsstücke 28 und 30 einen etwas kleineren äußeren Durchmesser als die Verbindungsstücke 32 und 34. Die beiden letzteren sind an der Innenwandung des Rotors 12 mit ihren Außenflächen 38 bzw. 40 befestigt.

Die Verbindungsstücke 28 und 30 sind vorzugsweise, wie bei dem hier genauer beschriebenen Ausführungsbeispiel, mit ihren Innenflächen 42 und 44 an Außenwandungen der Nabe 16 befestigt, wie dies genauer aus den Fig. 3 und 4 zu ersehen ist, die das zusammengebaute Gyroskop mit seinem als Zwischenring ausgebildeten Kardanglied (Ring 14, Torsionsstäbe 18, 20, 22, 24, Verbindungsstücke 28, 30, 32, 34), mit seinem Rotor 12, seiner Motorwelle 10 und seiner Nabe 16 zeigen.

Das als Zwischenring ausgebildete Kardanglied, das hier aufgezeigt und in Fig. 2 dargestellt ist, ist als einstückiges Bauteil (sozusagen als monolithisches Bauteil) ausgebildet, das bei seiner Herstellung durch Elektroerosion bearbeitet wird, wobei Elektroden verwendet werden, die eine zum Durchführen der Bearbeitung geeignete Gestalt haben. Im wesentlichen werden zwei Elektroden verwendet, von denen die eine wenigstens zweimal zur Anwendung gebracht wird, um die eine Seite und sodann die andere Seite des ringförmigen Teils, das hergestellt werden soll (und dessen Form symmetrisch zu einer senkrecht zur Achse verlaufenden Medianebene ist), zu bearbeiten.

In der Praxis wird die Bearbeitung folgendermaßen durchgeführt: Man entfernt zunächst dort, wo die großen Öffnungen gebildet werden sollen, also im Innern des zentralen Rings 14 oder in den Sektoren zwischen den Torsionsstäben und dem zentralen Ring sowie in den Zwischenräumen zwischen den Verbindungsstücken 28, 30, 32, 34, den Großteil des Werkstoffs durch Bohren.

Man führt sodann auf einer Seite des so gefertigten Rohlings eine Bearbeitung in Elektroerosion mittels einer ersten Elektrode durch, die eine Form besitzt, die der zu bildenden Form komplementär ist und insbesondere vier Nuten besitzt, die die Bildung der vertikalen (in einer durch die Achse des Rings verlaufenden Ebene liegenden) Teile der Torsionsstäbe ermöglichen.

Die Elektrode mit vier senkrecht verlaufenden Nuten ermöglicht es, die Gesamtheit der vertikalen Teile (der Torsionsstäbe) durch eine Bearbeitung in zwei Bearbeitungsschritten herzustellen, von denen je ein Bearbeitungsschritt auf jeder Seite des Rings durchgeführt wird. Diese Bearbeitungsschritte bilden einen ersten Arbeitsabschnitt.

Die Elektrode, die zum Durchführen dieses ersten Arbeitsabschnitts dient, ist in Fig. 5 und 6 gezeigt, wo dargestellt ist, daß die Elektrode an ihrem ringförmigen Ende mit vier Nuten 46, 48, 50 und 52 versehen ist, die den vier herzustellenden Torsionsstäben zugeordnet sind.

den zweiten Arbeitsabschnitt bildenden, Bei einer abschließenden elektroerosiven Bearbeitung, die in einer oder in zwei Etappen durchgeführt wird, können die horizontalen Teile (senkrecht zur Achse des Rings verlaufend) der Torsionsstäbe hergestellt werden, indem man den Werkstoff in den Zwischenräumen zwischen den Torsionsstäben entfernt, nachdem der Großteil der Stärke des Werkstücks in diesem Bezirk bereits beim ersten Arbeitsabschnitt entfernt worden ist.

Die Elektrode, die zum Durchführen dieses zweiten Arbeitsabschnitts dient, ist in Fig. 7 und 8 mit ihren großen Nuten (die gerade so breit sind wie die Stärke der Torsionsstäbe) dargestellt, die senkrecht zueinander verlaufen und mit 54, 56, 58 und 60 bezeichnet sind.

Die Bohrung in der Öffnung des zentralen Rings 14 und die Spalte im Zwischenraum zwischen den am Umfang angeordneten Verbindungsstücken 28, 30, 32, 34 brauchen nicht durch elektroerosive Bearbeitung hergestellt zu werden (man kann die Bohrungen mechanisch mit hoher Präzision herstellen und die Spalte brauchen nicht mit so hoher Genauigkeit gefertigt zu werden wie die Torsionsstäbe). Diese Öffnungen können vor oder nach der mittels Elektroerosion durchgeführten Bearbeitung hergestellt werden.

2818106

- 10 -

Bei dieser Art der Herstellung des Zwischenrings durch elektroerosive Bearbeitung kann die ganze Herstellungsgenauigkeit werkzeugseitig gewonnen werden (d.h. die Genauigkeit des Werkzeugs überträgt sich auf das Werkstück). Die Formgebung des hier aufgezeigten Zwischenrings ermöglicht es, daß diese Bearbeitung auf sehr einfache Weise durchgeführt werden kann.

809849/0608

-11-
L rseite

2818106

Nummer:

28 18 106

Int. Cl.2:

G 01 C 19/22

Anmeldetag:

25. April 1978

Offenlegungstag:

7. Dezember 1978

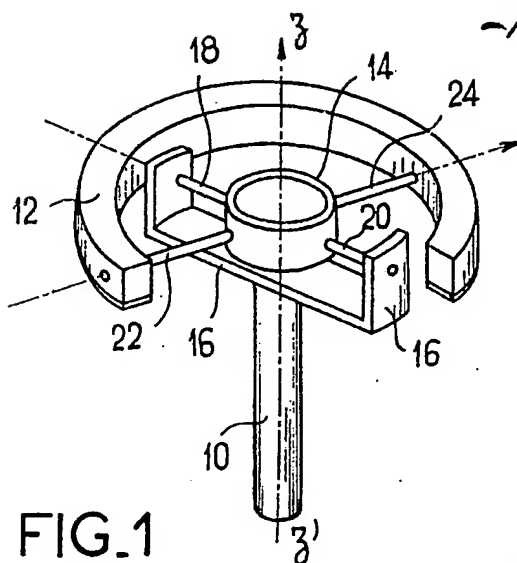


FIG. 1

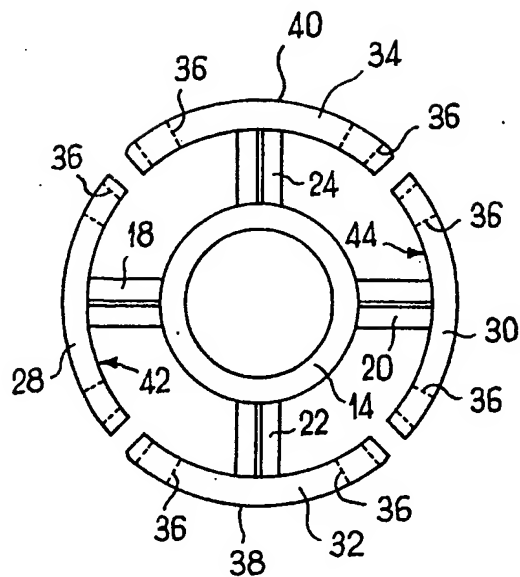


FIG. 2

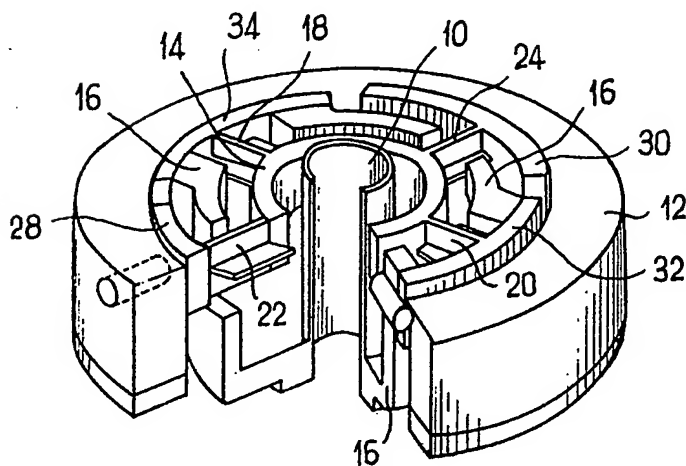


FIG. 3

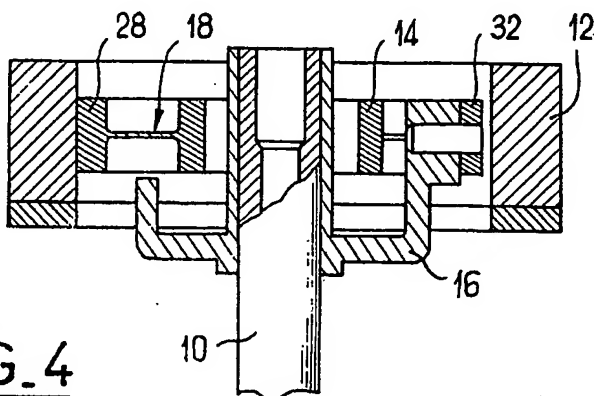


FIG. 4

809849/0608

Reg.-Nr. 125 509

FIG. 5

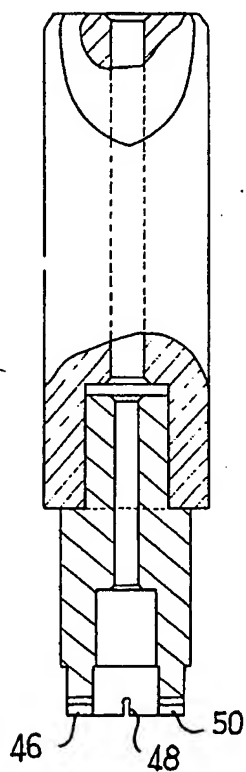
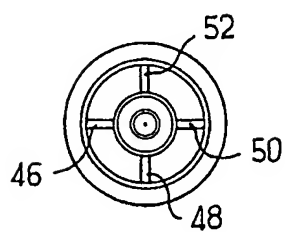


FIG. 6

FIG. 7

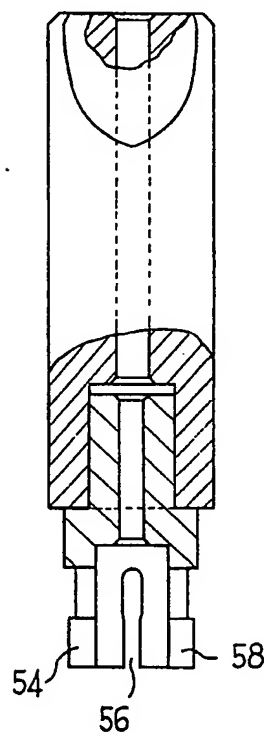
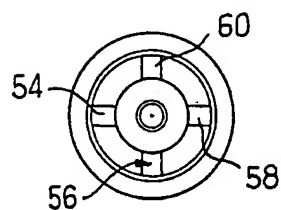


FIG. 8